

⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑲ Numéro de dépôt: 84810541.7

⑤① Int. Cl.⁴: **C 12 M 1/00**
C 12 P 5/02

⑳ Date de dépôt: 07.11.84

③① Pri rité: 09.11.83 CH 6033/83

④③ Date de publication de la demande:
22.05.85 Bulletin 85/21

④④ Etats contractants désignés:
AT BE DE FR GB LU

⑦① Demandeur: Cotton, Armand
183 route de Mon Idée
CH-1253 Crête-Vandoeuvres Genève(CH)

⑦② Inventeur: Cotton, Armand
183 route de Mon Idée
CH-1253 Crête-Vandoeuvres Genève(CH)

⑦④ Mandataire: Munzinger, John Patrick
CH-1254 Jussy l'Eglise Geneva(CH)

④④ Procédé et installation de production de biogaz et de compost.

⑤⑦ Pour la production de biogaz en mésophile du type discontinuosolide, on procède à une série de courtes préfermentations aérobies du substrat pour amener la température du liquide utilisé pour la fermentation méthanique anaérobie à la température requise (env. 35°C). Ainsi on supprime tout apport de chaleur extérieure pour le chauffage initial du substrat et on améliore le rendement. L'installation, destinée à de petites exploitations, comprend au moins un fermenteur en surface, avec cuve (1), porte (4) et couvercle monobloc (6) sous lequel s'accumule le gaz dégagé pour être stocké via une conduite (17) dans un réservoir (16). Au fond (2) de la cuve un caillebotis (22) permet à de l'air insufflé par un ventilateur (10) d'être réparti sous le substrat dans la cuve et au liquide dans celle-ci d'être évacué vers une citerne (12). Un dispositif (33) règle les niveaux (B, C) du liquide dans la cuve, notamment pour préserver un joint hydraulique entre la cuve et le couvercle. Une grille (49) fixée sous le couvercle maintient le substrat en immersion et un thermosiphon (18), avec serpentins (21) dans les parois (3) de la cuve, maintient la température requise dans la cuve.

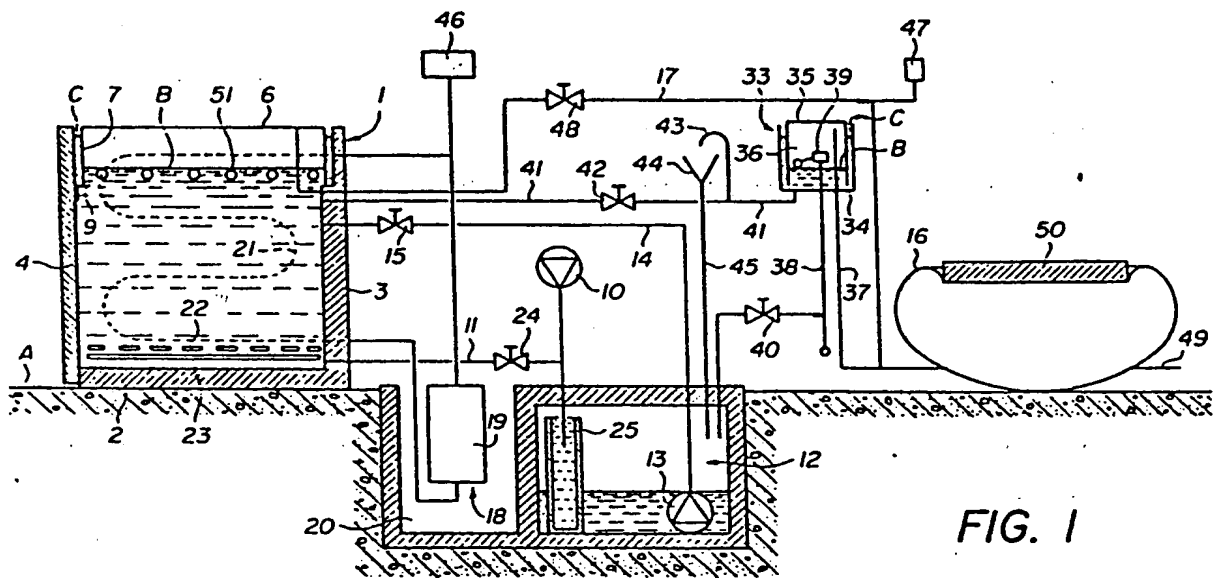


FIG. 1

PROCEDE ET INSTALLATION DE PRODUCTION
DE BIOGAZ ET DE COMPOST

La présente invention a pour premier objet un procédé de production de biogaz et de compost.

5 Pour produire du biogaz avec de la matière organique fermentable solide, tel que du fumier, il faut que cette matière subisse une fermentation dite méthanique (c'est-à-dire produisant du méthane, principal constituant du biogaz). Une telle fermentation ne peut se produire que dans un milieu anaérobie (sans air) et exige une certaine température qui varie selon que l'on veut avoir une fermentation psychrophile (entre 10 et 22°C), mésophile (entre 22 et 45°C) ou thermophile (entre 45 et 75°C). Le milieu anaérobie est obtenu en noyant la matière organique avec un liquide. La température requise est obtenue pour une fermentation mésophile et une fermentation thermophile en chauffant la
10 masse de matière et de liquide à l'aide de moyens ad hoc. Ceci peut exiger un apport de chaleur extérieure considérable diminuant d'autant le rendement énergétique du procédé. Cette opération est en pratique longue. D'autre part, lorsque la matière est en tas, comme c'est le cas avec une alimentation discontinue utilisant des cuves, il est difficile si-
20 non impossible d'obtenir un chauffage convenable de la matière, ce qui se traduit par une fermentation de mauvais rendement.

L'invention vise notamment à permettre une mise en route d'un procédé de production de biogaz à température de fermentation mésophile sans avoir à faire d'apport de chaleur extérieure.

25 Comme on le sait, les matières organiques fermentables solides, tel le fumier, lorsqu'elles ont une certaine humidité et qu'elles sont exposées à l'air, fermentent avec une augmentation rapide de la température. Il s'agit d'une fermentation faisant intervenir des micro-organismes (bactéries) différents de ceux responsables de la fermentation mé-
30 thanique (ou anaérobie) énoncée plus haut. Contrairement à cette dernière, la fermentation aérobie est exothermique (génératrice de chaleur) et ne dégage pas de biogaz.

L'invention consiste à mettre à profit ce phénomène de dégage-

ment de chaleur pour la mise en route d'un procédé mésophile afin d'éviter un apport de chaleur extérieure. La fermentation aérobie présente en outre l'avantage de chauffer la matière d'une manière plus uniforme.

5 L'invention a aussi pour objet une installation pour la mise en oeuvre du procédé.

Aux dessins schématiques annexés, donnés à titre d'exemple :

la figure 1 est une vue d'ensemble, en coupe longitudinale, d'une forme d'exécution de l'installation pour la mise en oeuvre du procédé
10 selon l'invention;

la figure 2 est une vue en perspective d'un fermenteur utilisé dans l'installation de la figure 1, muni d'un fond modifié; et

la figure 3 est une vue en coupe horizontale du fermenteur représenté à la figure 2, muni d'une porte sans gonds.

15 L'installation représentée à la figure 1 comprend un fermenteur (aussi appelé digesteur) reposant à même le sol A et constitué par une cuve parallélépipédique 1 en béton, en métal ou tout autre matériau étanche et résistant à la pression. La cuve utilisée ici a un volume d'environ $4,5 \text{ m}^3$ avec un fond d'environ 3 m^2 . Comme on le voit à la figure 2, la
20 cuve comporte quatre éléments fixes, soit un fond 2 et trois parois verticales 3, ainsi qu'une porte légère 4, étanche et résistant à la pression, pouvant s'ouvrir, par rotation sur des gonds ou charnières 5 ou de toute autre manière. La cuve 1 est en outre munie d'un couvercle monobloc étanche 6, en tôle, en matière plastique ou autre matériau idoine, présentant des bords 7 tournés vers le bas et prenant appui sur des épaulements
25 horizontaux 8 ménagés dans un même plan près du haut des trois parois 3 du côté intérieur de ceux-ci, et sur un rebord horizontal 9 fixé à l'intérieur de la porte 4 au niveau des épaulements 8.

L'installation représentée convient particulièrement à une petite
30 exploitation agricole pour la production de gaz à partir de fumier (notamment bovin, équin et porcin) et autres matières organiques fermentables solides provenant d'une telle exploitation (paille, fanes, herbe, feuilles, sciure, copeaux, etc.).

Pour la mise en service de cette installation on procède par exemple de la manière suivante :

1. On dégage le couvercle 6 et on ouvre la porte 4.
2. On remplit la cuve 1 de fumier pailleux frais, par exemple, à l'aide d'un tracteur équipé à l'avant de moyens de manutention, tels qu'une fourche, le tracteur accédant à l'intérieur de la cuve 1 par la porte 4. Chaque fourchée est de préférence étalée, tassée, surtout près des bords, et, si la matière est plutôt sèche, mouillée. S'il s'agit de fumier bovin, aucun ensemencement de bactéries méthanogènes est nécessaire, ces bactéries étant naturellement présentes dans les fumiers de ruminants. Dans les autres cas, un ensemencement est nécessaire soit par du fumier bovin, des boues d'épuration ou des produits biologiques spécialement développés à cet effet.
3. On ferme et verrouille la porte 4 et on complète le chargement par le haut en tassant contre la porte et en s'assurant que les épaulements 8 et le rebord 9 sont dégagés.
4. On insuffle de l'air dans la cuve 1 par son fond 2 à l'aide d'un ventilateur 10 et une conduite 11 pendant environ 1 jour. Le substrat ayant été bien tassé contre les parois 3 et la porte 4, l'air est obligé de monter à travers la matière. Ceci provoque une fermentation (ou digestion) aérobie du substrat. Cette fermentation en fait monter la température, généralement à une valeur comprise entre 60 et 75°C, mais qui peut être encore plus élevée, notamment en son centre.
5. Au terme de cet échauffement, qui nécessite environ une journée, on arrête l'insufflation d'air et on noie le substrat chaud avec environ 3,5 m³ de purin et/ou d'eau à température ambiante (mettons 12°C) contenu dans une citerne 12, à l'aide d'une pompe de transfert 13 et une conduite 14 munie d'une vanne 15 à commande manuelle. La chaleur du substrat réchauffe alors le liquide d'environ 15°C. L'augmentation de température du liquide dépend de sa température de départ. Plus la température de départ est basse plus l'augmentation est grande.
6. Environ 2,5 m³ de liquide attiédi est alors évacué par le fond

2 et la conduite 11 pour être stocké dans la citerne 12. Le reste du liquide, soit environ 1 m^3 , est absorbé par le substrat.

7. Lorsque le substrat est suffisamment égoutté pour permettre à de l'air d'être insufflé (environ une demi-heure), on fait repartir la fermentation aérobie en remettant en marche le ventilateur 10 pour ramener la température du substrat à 60°C ou plus. Cette insufflation se poursuit pendant environ deux jours.

8. On noie de nouveau le substrat avec le liquide attiédi stocké dans la citerne 12. Comme la différence de température entre le substrat et le liquide est cette fois plus faible, la température du liquide augmente moins, soit d'environ 10 degrés.

9. Si le liquide à la fin de cette dernière opération de chauffage a atteint, comme cela serait le cas avec l'exemple donné, une température voisine de 35°C , qui est la température optimale pour une fermentation méthanique mésophile, on remet en place le couvercle 6 en le bloquant à l'aide de fixations non représentées, on laisse se dérouler la fermentation méthanique mésophile, laquelle pourra durer de quatre à huit semaines selon le but recherché, et on recueille le gaz dégagé dans un réservoir de stockage (parfois appelé gazomètre) 16 de volume variable par l'intermédiaire d'une conduite 17. Un but peut être une production maximale de biogaz; dans ce cas on arrête le processus de fermentation au bout de quatre semaines déjà pour mettre en route une nouvelle cuvée. Un autre but peut être plutôt axé sur la production de compost, auquel cas on fait durer la fermentation presque jusqu'à son terme, soit environ huit semaines. Des durées de fermentation intermédiaires sont bien entendu aussi envisageables.

10. Mais si le liquide à la fin de l'opération (8), après mettons environ un quart d'heure, n'a pas encore atteint une température voisine de 35°C (en hiver notamment), on répète les opérations (6), (7) et (8) le nombre de fois qu'il faut pour arriver à la température requise, avant de procéder à l'opération (9). Pour une troisième opération de fermentation aérobie, l'insufflation durera environ trois jours. Le gain de température du liquide ne sera cette fois que de 4 à 6°C . Pour

une quatrième opération de fermentation (rarement nécessaire) le temps d'insufflation sera encore plus long et le gain de température du liquide sera encore plus faible.

Les temps indiqués ci-dessus sont tous approximatifs, valables seulement avec l'installation expérimentale décrite ici. Ces temps peuvent donc varier d'une installation à l'autre, et sont fonction du genre de substrat traité et de son humidité. Il en va de même avec les gains de température obtenus à la suite de chaque fermentation aérobique; ceux-ci dépendent aussi des conditions atmosphériques.

10 Cette suite d'opérations de fermentation aérobiques (qu'on peut appeler de préfermentation) ne sont nécessaires que lors de la mise en service de l'installation pour amener le liquide requis pour la fermentation méthanique à la température voulue. Comme on peut le constater, ces opérations de préfermentation n'exigent aucun apport de chaleur et
15 se font dans la même cuve que la fermentation méthanique.

Comme cela ressort de l'opération (6) il se produit une absorption importante de liquide lors de la première immersion du substrat. Lors de la deuxième immersion, il absorbera une quantité moindre de liquide et lors de la troisième immersion il absorbera une quantité de
20 liquide moindre encore. De ce fait, la quantité de liquide devant être introduite dans la cuve 1 pour les immersions subséquentes diminue d'autant. Ainsi, il y a de moins en moins de liquide à chauffer.

On a trouvé qu'il est préférable d'obtenir une température de quelques degrés (par exemple 3°C) supérieure à celle
25 de la température optimale de 35°C, afin de disposer d'une certaine marge de sécurité contre les déperditions de chaleur inhérentes à la mise en service.

A la fin de la fermentation méthanique, on enlève le couvercle 6, on soutire le liquide chaud pour le stocker dans la citerne 12, on
30 ouvre la porte 4, on vidange la cuve 1 à l'aide d'un tracteur muni d'une fourche à fumier frontale, on répète les opérations (2) à (4), on arrête l'insufflation, on réintroduit dans la cuve 1 le liquide chaud, gorgé de ferments, stocké dans la citerne 12, après y avoir ajouté au préalable

du liquide d'appoint à température ambiante pour obtenir le volume nécessaire, on remet en place le couvercle 6, on laisse se dérouler une nouvelle fermentation méthanique mésophile, et on recueille de nouveau le gaz dégagé, cycle d'opérations qui peut être répété indéfiniment pendant la durée de vie de l'installation.

Pour réduire au minimum les déperditions de chaleur, il importe d'isoler autant que possible la cuve 1 et la citerne 12, par exemple avec des panneaux de polyuréthane et/ou de la laine de verre. Cependant, quelle que soit l'efficacité de l'isolation, il se produira néanmoins des pertes de chaleur. Pour compenser celles de la cuve 1 et ainsi maintenir la température optimale de 35°C à l'intérieur de celle-ci pendant la fermentation anaérobie mésophile (laquelle n'engendre que très peu de chaleur), l'installation est en outre équipée d'un thermosiphon 18 comportant un chauffe-eau 19 disposé au dessous du niveau du sol A. (et donc de la cuve 1) dans une fosse 20, un ou plusieurs serpentins 21 conduisant le fluide caloporteur, qui sont noyés dans une ou plusieurs des parois 3 de la cuve 1, et un vase d'expansion 46. Les serpentins 21, en étant noyés dans les parois 3, permettent à un tracteur de manoeuvrer avec sa fourche dans la cuve 1 sans danger pour le dispositif de chauffage. La chaudière, qui consomme du biogaz pour maintenir la température optimale de production, n'utilise qu'une petite partie du gaz produit (environ 10 % en moyenne normale). Ce chauffage par thermosiphon économise la mise en place d'un circulateur et sa consommation d'énergie de fonctionnement.

Par ailleurs, lorsque les lieux s'y prêtent, il est possible de monter en série avec le chauffe-eau 19 un ou plusieurs capteurs solaires et d'améliorer ainsi le rendement énergétique de l'installation.

Lorsque le biogaz est utilisé comme combustible pour un moteur entraînant, par exemple, une génératrice d'électricité, on peut faire circuler l'eau de refroidissement de ce moteur dans les serpentins 21.

Comme on l'a vu, l'air insufflé dans la cuve 1 et le liquide qui en est recueilli s'écoulent à travers le fond 2 de la cuve. Ce fond peut être constitué, comme représenté à la figure 1, par des éléments amovibles 22 de caillebotis, en métal, en béton ou en bois, portés à une

certaine distance au-dessus du radier de la cuve par des cornières 23 fixées aux parois 3, pour former un vide permettant, d'une part, au liquide d'être évacué par la conduite 11 dans la citerne 12 et, d'autre part, à l'air d'être réparti sous tout le tas de substrat dans la cuve 1.

- 5 Comme on le voit à la figure 1, la conduite 11 comporte une partie sensiblement horizontale munie d'une vanne 24 à commande manuelle et une partie sensiblement verticale. Le haut de la partie verticale est connecté au ventilateur 10 tandis que le bas aboutit dans un récipient 25 constamment rempli de liquide, disposé dans la citerne 12.
- 10 Cette partie verticale plonge dans le liquide du récipient 25 suffisamment profondément pour empêcher à de l'air provenant du ventilateur 10 de s'écouler par le bas de la partie verticale au lieu de s'écouler dans la cuve 1. D'autre part, le ventilateur 10 doit être placé à un niveau suffisamment élevé pour ne pas être atteint par le liquide s'écou-
- 15 lant hors de la cuve 1 dans la citerne 12 (par l'intermédiaire du récipient 25).

Lors du remplissage de la cuve 1 à l'aide de la pompe 13, et pendant toute la durée de fermentation méthanique, la conduite 11 est maintenue fermée à l'aide de la vanne 24.

- 20 Au début des préfermentations l'air et le liquide qui s'égoutte du fermenteur s'écoulent dans la partie horizontale de la conduite 11 en sens contraires.

Les éléments de caillebotis 22 étant coûteux, étant généralement peu durables et devant de surplus être démontés pour nettoyer le vide

25 sous le fond 2 avant chaque rechargement, il est préférable de leur substituer un caillebotis fixe comme celui représenté à la figure 2.

Ce caillebotis fixe est réalisé beaucoup plus économiquement, sur place, au moment de la construction de la cuve. Il comporte un ensemble de rainures parallèles 26 d'environ 3 cm de large et de 6 à 8

30 cm de profondeur (pour obtenir une pente), reliées par une rainure collectrice transversale 27 de même largeur mais plus profonde, à l'arrière de la cuve et communiquant avec la conduite 11. Les rainures 26 sont espacées d'environ 7 cm les unes des autres.

Pour réaliser le caillebotis, on fabrique au préalable en matière facilement destructible ou extractible après coulée du béton (par exemple du polystyrène expansé) le moule (ou négatif) dont les pleins correspondent aux rainures 26 et 27 pour l'écoulement de l'air et du
5 liquide.

Ce moule est ensuite posé sur une couche de base, grossièrement dressée, en béton armé frais formant le radier, et les vides sont alors soigneusement remplis avec du mortier.

Après la prise du béton et du mortier, la matière constituant le
10 moule est enlevée pour laisser les rainures 26 et 27 dans un fond 2 carrossable.

Ce caillebotis faisant corps avec le radier, est très solide et durable. De plus, les rainures parallèles peuvent, sans nécessiter aucun démontage, être aisément nettoyées avec un racle de forme simple.

15 La porte 4 est réalisée en bois ou tout autre matériau léger et rigide. Son étanchéité est assurée à l'aide d'une plaque rigide 28 de matière plastique, par exemple une plaque de PVC ayant une épaisseur d'environ 5 mm, recouvrant la face interne de la porte à laquelle elle est fixée par tous moyens appropriés tels que colle ou vis. Le rebord
20 9, constitué ici par une cornière, est soudé à la plaque 28.

L'étanchéité entre la porte 4 et le reste de la cuve 1 est assurée par un joint constitué par une bande continue 29 de mousse pincée dans un logement 30. La mousse est de préférence relativement rigide. Elle doit être à cellules occluses et doit pouvoir résister à l'attaque du purin.
25 En l'occurrence, cette mousse est une mousse de caoutchouc naturel. Le logement 30 est soudé à la plaque 28 en regard de la tranche du radier de la cuve et de la tranche des deux parois 3 avoisinantes (figure 2) de façon que la mousse soit appliquée avec un certain écrasement contre ces tranches lors de la fermeture de la porte. Les tran-
30 ches sont bien sûr bien planes. Le logement 30 peut par exemple être formé par un ou des éléments profilés rigides en matière plastique qui sont soudés de façon étanche contre la plaque 28 et qui présentent une rainure dans laquelle la bande de mousse 29 est pincée, ou, comme

représenté à la figure 3, être constitué par des paires de nervures espacées 51 qui sont formées et disposées de façon à ménager une rainure venant pincer la bande 29 et qui sont soudées elles aussi contre la plaque. Ce pincement de la bande 29 permet à celle-ci d'être facilement remplacée.

La porte 4 est maintenue plaquée contre lesdites tranches par des fixations 32 (figure 2) disposées de façon assez rapprochée les unes des autres, ou de toute autre manière convenable.

L'étanchéité entre le couvercle 6, d'une part, et la cuve 1 et la porte 4, d'autre part, est assurée par un joint hydraulique formé par le liquide utilisé pour noyer le substrat dans la cuve 1, en relation avec les bords 7 du couvercle 6 lorsque celui-ci repose sur les épaulements 8 et le rebord 9, dans la mesure où le liquide est à un niveau supérieur à celui des épaulements 8 et du rebord 9 de part et d'autre des bords 7, et le demeure pendant toute la durée de la fermentation méthanique.

Le gaz qui se dégage du substrat s'accumule sous le couvercle 6 et crée une surpression. Cette surpression se manifeste par une baisse du niveau B du liquide à l'intérieur du couvercle 6 et une hausse du niveau C du liquide à l'extérieur du couvercle 6. Le gaz occasionnant ce surplus de pression est évacué vers le réservoir 16 par la conduite 17.

Le fonctionnement du joint hydraulique nécessite, d'une part, que le niveau B du liquide à l'intérieur du couvercle 6 ne descende pas au-dessous d'un certain niveau sinon le gaz s'échappe à l'extérieur en passant sous les bords 7 du couvercle 6, et, d'autre part, que le niveau C du liquide à l'extérieur du couvercle ne dépasse pas aussi un certain niveau sinon le fermenteur déborde.

Or, en pratique le niveau B du liquide dans le fermenteur varie en fonction des variations de volume du substrat en cours de fermentation (dus notamment à la digestion) et aussi des variations de la pression du gaz dans le réseau.

Pour maintenir, malgré ces variations, le niveau C du liquide à l'extérieur du couvercle 6 à un niveau maximal donné et le niveau B

du liquide à l'intérieur du couvercle 6 à un niveau minimal donné, il est prévu un régulateur de niveau 33. Ce régulateur, disposé à l'extérieur du fermenteur, à la hauteur du couvercle 6, comprend un bac 34 et un couvercle 35 présentant un bord 36 venant reposer à l'intérieur du bac 34 sur le fond de celui-ci, fond qui se trouve au même niveau que les épaulements 8 et le rebord 9 de la cuve 1. Le bord 36 a la même hauteur que les bords 7 du couvercle 6 et entre les parois du bac 34 et le bord 36 est ménagé un espace analogue à celui ménagé entre le couvercle 6 et la cuve 1, ceci pour permettre la reconstitution à plus petite échelle du joint hydraulique du fermenteur avec ses différents niveaux B et C de liquide dus à la différence des pressions régnant à l'extérieur et à l'intérieur du couvercle 6.

Un tuyau 37, raccordé au réservoir de stockage 16 de l'installation, aboutit sous le couvercle 35 pour créer à l'intérieur de celui-ci une pression égale à celle régnant sous le couvercle 6 du fermenteur, une égalisation de pression étant déjà établie entre le réservoir 16 et le fermenteur par l'intermédiaire de la conduite 17. Un deuxième tuyau, 38, alimente en eau du réseau une vanne à flotteur 39 réglant le niveau minimal du liquide à l'intérieur du couvercle 35, et, au travers d'une vanne 40 à commande manuelle, la citerne 12.

Un troisième tuyau, 41, alimente en eau de complément la cuve de fermentation 1 à partir du bac 34. Ce tuyau 41 est muni d'une vanne 42 à commande manuelle qu'on ferme avant chaque déchargement de la cuve 1 et qu'on rouvre au début de chaque phase suivante de fermentation méthanique. Sur le tuyau 41 est en outre monté, entre le bac 34 et la vanne 42, un trop-plein 43 qui débouche à l'air libre et qui fixe le niveau maximal du liquide à l'extérieur du couvercle 35 et à l'extérieur du couvercle 6 grâce au tuyau 41, empêchant le bac 34 et la cuve 1 de déborder. Tout liquide issu du trop-plein 43 est recueilli dans un entonnoir 44 pour être amené dans la citerne 12 par l'intermédiaire d'un tuyau 45. Le couvercle 35 est maintenu en place par une fixation non représentée.

Le niveau maximal du liquide peut être atteint, d'une part, lors-

qu'il se produit une dilatation de la masse contenue dans le fermenteur et, d'autre part, lorsqu'il se produit une augmentation de la pression du gaz dans le réseau.

- Une dilatation de la masse normalement provoque une hausse égale à la fois des niveaux B et C du liquide à l'intérieur et à l'extérieur des couvercles 6 et 35 de la cuve 1 et du bac 34. Bien que la hausse du niveau C du liquide à l'extérieur des couvercles 6 et 35 est limitée grâce au trop-plein 43, le niveau B du liquide à l'intérieur des couvercles 6 et 35 peut cependant continuer à monter. La hauteur des bords 7 et 36 des couvercles 6 et 35 doit donc être dimensionnée pour tenir compte de la dilatation de masse maximale pour toujours laisser des espaces libres pour le gaz, en faisant en sorte que les extrémités supérieures de la conduite 17 et du tuyau 37 aboutissent dans ces espaces au-dessus du niveau maximal interne.
- Une augmentation de la pression, qui se produit de toute manière au fur et à mesure du remplissage du réservoir 16 et qui peut en plus se produire lorsque le réservoir 16, ici fait en tissu caoutchouté, subit un échauffement dû au soleil, provoque une baisse du niveau B à l'intérieur des couvercles 6 et 35. Compte tenu du rapport des surfaces du liquide à l'intérieur et à l'extérieur des couvercles 6 et 35, une faible baisse du niveau B à l'intérieur des couvercles normalement provoque une forte hausse du niveau C à l'extérieur des couvercles. Ceci peut donner lieu à la fois à un déversement prolongé de liquide par le trop-plein 43 pour empêcher le niveau extérieur C du liquide de dépasser le niveau maximal et à une introduction prolongée de liquide dans le bac 34 par la vanne à flotteur 39 pour empêcher le niveau intérieur B du liquide de passer au-dessous du niveau minimal. Cet état de choses peut être évité en implantant dans le réseau de gaz une soupape de surpression 47, par exemple dans la conduite 17.
- La conduite 17 est aussi munie, entre la soupape 47 et la cuve 1, d'une vanne 48 à commande manuelle, qu'on ferme avant d'enlever le couvercle 6 à la fin d'une fermentation méthanique pour éviter que le gaz stocké dans le réservoir 16 ne puisse s'échapper. Cette vanne 48 est de

nouveau ouverte lorsque le couvercle 6 est remis en place pour la mise en route d'une nouvelle fermentation méthanique.

Le gaz stocké dans le réservoir 16 peut être acheminé par une conduite 49 vers différents points de consommation dont le brûleur de la chaudière 19. Pour cela il faut que le gaz ait une pression minimale, par exemple 8 millibars. A cette fin un lest 50 de poids approprié est posé sur le réservoir flexible 16. Ce lest assure cette pression minimale dès le début du stockage. Lorsque le réservoir est plein, la pression du gaz pourra, par exemple, atteindre environ 20 millibars.

10 Pendant la fermentation méthanique, le substrat que contient la cuve 1 tend à flotter. Pour empêcher celui-ci de monter à la surface du liquide, le couvercle 6 est équipé, au niveau de l'extrémité inférieure de ses bords 7, d'une série de barres ou tubes 51 formant une grille. En rendant cette grille solidaire (par soudure notamment) du couvercle 6, on évite toute manutention séparée de ces barres ou tubes de main-
15 tien en immersion du substrat. L'isolation thermique du couvercle 6 est également incorporée à ce dernier ce qui évite aussi une autre manipulation séparée.

Diverses modifications peuvent être apportées au procédé et à l'installation décrits ci-dessus en regard des dessins. Par exemple, on
20 peut utiliser comme substrat, des ordures ménagères, triées pour en éliminer les matières non fermentables et non solides, et, comme liquide, des boues d'épuration.

Au lieu d'un seul fermenteur, l'installation peut comporter une
25 batterie de plusieurs fermenteurs mis en parallèle sur le réservoir 16 pour assurer une production continue de gaz, le nombre de fermenteurs étant fonction de la quantité de matière organique fermentable disponible. Dans une telle installation un seul régulateur de niveaux suffit, pour autant que les niveaux de liquide sus-mentionnés soient les mêmes pour
30 tous les fermenteurs.

Quant au choix du nombre de fermenteurs dans une telle installation, il est utile de prévoir une cuve en plus qui ne produit pas de biogaz (par exemple quatre fermenteurs lorsqu'on veut en avoir trois en

production) ceci dans le but d'avoir à disposition une cuve pour y déposer journallement tout fumier frais. Ainsi, on évite la construction d'un tas de fumier extérieur devant par la suite être transféré dans une cuve une fois vidée de son contenu à la fin d'un cycle.

- 5 Dans ces conditions, la cuve non productrice peut aussi servir de contenant pour le liquide attiédi issu d'un fermenteur en train d'être mis en service. Ainsi, le liquide attiédi ne ferait que transiter brièvement dans la citerne 12 de sorte que le volume de celle-ci peut être sensiblement réduit, par exemple à 1 m^3 , quel que soit le volume des cu-
- 10 ves 1 en batterie.

La conduite 17 et le tuyau 37, au lieu de traverser les parois de la cuve 1 et du bac 34, peuvent traverser le haut des couvercles 6 et 35. Dans ce cas, la conduite 17 et le tuyau 37 sont flexibles au moins au voisinage des couvercles pour permettre la manoeuvre de ceux-ci.

- 15 En pratique, les fermenteurs ont des volumes nettement plus grands qu'indiqués, pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres cubes.

REVENDICATIONS

1. Procédé de production de biogaz et de compost, caractérisé en ce que
(1) on laisse fermenter en milieu aérobie de la matière organique fermentable solide à température sensiblement ambiante et ayant un degré d'humidité idoine pour l'amener à une température supérieure à celle exigée pour une fermentation méthanique mésophile en milieu anaérobie,
5 (2) on noie la matière organique en fermentation avec du liquide à température sensiblement ambiante pour augmenter la température du liquide par échange de chaleur avec la matière organique en fermentation,
10 (3) on évacue le liquide pour le stocker en un milieu isolé thermiquement en ramenant la matière à un degré d'humidité idoine, (4) on amène de nouveau la matière à ladite température supérieure par fermentation aérobie, (5) on noie de nouveau la matière avec le liquide stocké pour augmenter encore davantage la température de celui-ci par échange de
15 chaleur avec la matière en fermentation, (6) si le liquide noyant la matière n'a pas encore atteint la température exigée pour assurer une fermentation méthanique mésophile de la matière en milieu anaérobie on répète les opérations (3), (4) et (5) jusqu'à obtention de ladite température exigée, (7) on laisse en place le liquide une fois ladite température
20 exigée atteinte pour permettre à la fermentation méthanique mésophile anaérobie de se développer, et (8) on recueille le gaz dégagé lors de cette fermentation anaérobie.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite température exigée pour assurer une fermentation méthanique mésophile
25 le est comprise entre 34° et 40°C.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on aère la matière organique fermentable lors des étapes (1) et (4), notamment par insufflation.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la matière organique fermentable est en tas.
30
5. Installation pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un fermenteur, comportant une cuve (1) et un couvercle (6), servant à la fois

à la fermentation aérobie et à la fermentation anaérobie de la matière organique fermentable solide, des moyens (10, 11, 24) pour aérer la matière à chaque fermentation aérobie, des moyens (13, 14, 15) pour noyer la matière à la fin de chaque fermentation aérobie et au début de la fermentation anaérobie, des moyens (11, 12, 24, 25) pour évacuer de la cuve quand il le faut le liquide qui s'y trouve, des moyens (7, 8, 9) pour réaliser un joint hydraulique entre la cuve (1) et le couvercle (6) avec le liquide utilisé pour noyer la matière lorsque le couvercle est mis en place sur la cuve au début de la fermentation anaérobie, et des moyens (16, 17, 48) pour recueillir de dessous le couvercle (6) le gaz dégagé lors de cette fermentation anaérobie.

6. Installation selon la revendication 5, caractérisé en ce que le fond (2) de la cuve (1) est composé d'un caillebotis monolithique avec le radier de la cuve, le caillebotis présentant des rainures (26, 27) communiquant avec les moyens d'aération (10, 11, 24, 25) et les moyens d'évacuation (11, 12, 24, 25).

7. Installation selon la revendication 5 ou 6, dans laquelle la cuve repose sur le sol (A) et comporte une porte (4), caractérisée en ce que l'étanchéité de la porte est assurée par une plaque rigide (28) de matière imperméable sur la face intérieure de la porte, et en ce que l'étanchéité entre la porte et le reste de la cuve est assurée par un joint constitué par une bande continue (29) de mousse à cellules occluses pincée entre deux lèvres (31) soudées à la plaque et venant contacter des parties adjacentes de la cuve lorsque la porte est fermée.

8. Installation selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisée en ce qu'elle comprend, à l'extérieur de la cuve (1), un dispositif (33-39, 41-43) permettant, d'une part, d'empêcher le niveau du liquide sous le couvercle (6) de la cuve de baisser au-dessous d'un niveau minimal déterminé par introduction de liquide dans la cuve, et ainsi empêcher la rupture du joint hydraulique, pendant la fermentation anaérobie, et, d'autre part, d'empêcher le niveau du liquide autour du couvercle (6) de dépasser un niveau maximal déterminé par retrait de liquide de la cuve et ainsi empêcher le liquide de déborder de celle-ci.

9. Installation selon la revendication 8, caractérisée en ce que le dispositif ~~(33-39, 41-43)~~ comporte une enceinte (33) dont la partie inférieure se trouve et communique (41) avec la cuve (1) au-dessous dudit niveau minimal de façon à avoir dans l'enceinte du liquide au même niveau (B) que sous le couvercle (6) de la cuve, et dont la partie supérieure communique avec un espace sous le couvercle de la cuve au-dessus de ce dernier niveau (B) de façon à avoir dans la partie supérieure de l'enceinte du gaz à la même pression que dans ledit espace, un détecteur de niveau (39) à l'intérieur de l'enceinte, qui est connecté à des moyens d'amenée de liquide sous pression (38, 12) et qui est réglé pour ajouter du liquide dans l'enceinte lorsque le niveau (B) du liquide dans l'enceinte tend à passer au-dessous dudit niveau minimal, et un trop-plein (43) communiquant avec la cuve et débouchant à l'air libre et assurant ledit niveau maximal.

10. Installation selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, caractérisée en ce que le couvercle (6) est muni d'une grille (51) de maintien en immersion de la matière organique dans la cuve.

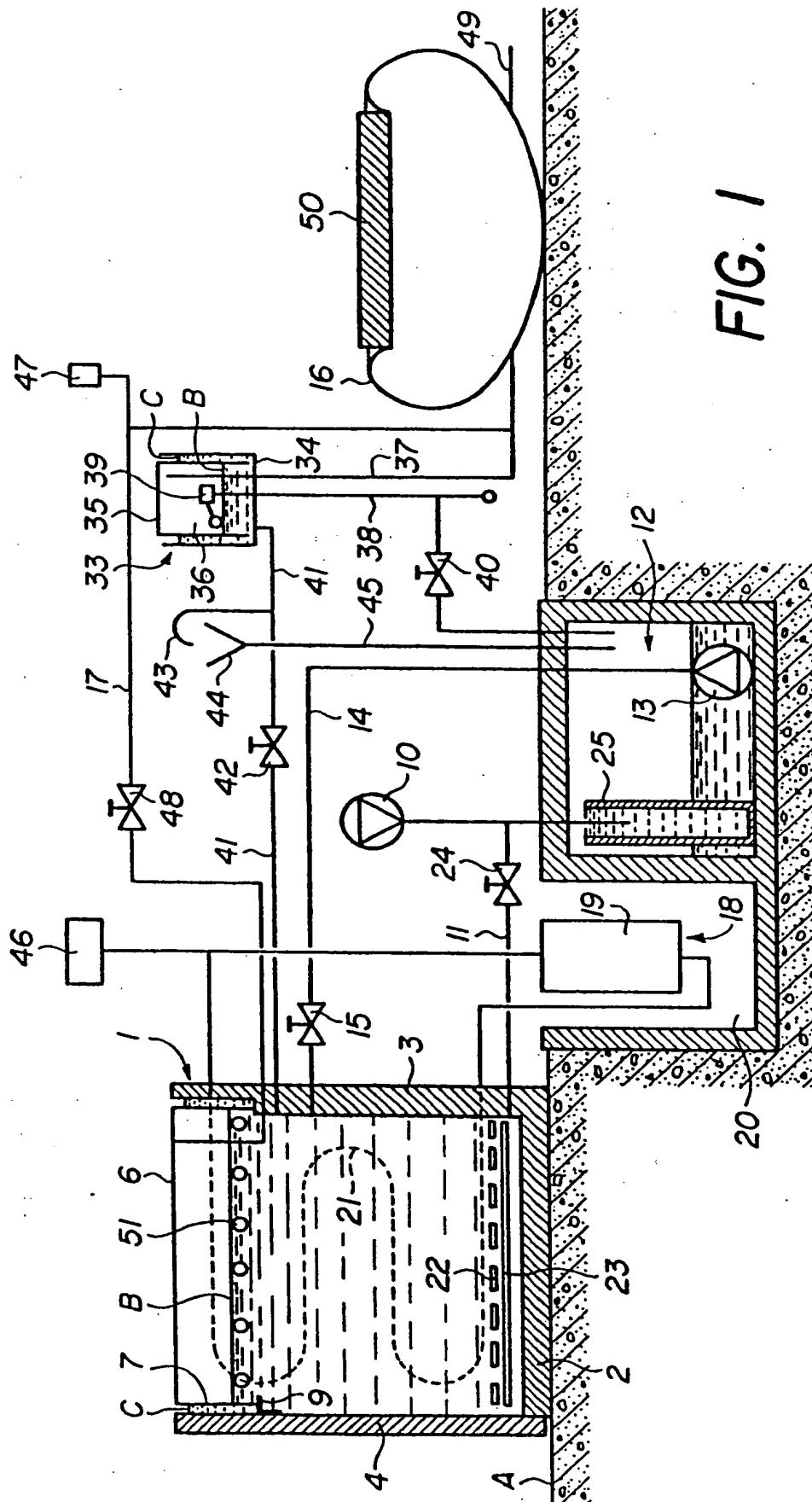


FIG. 1

2/2

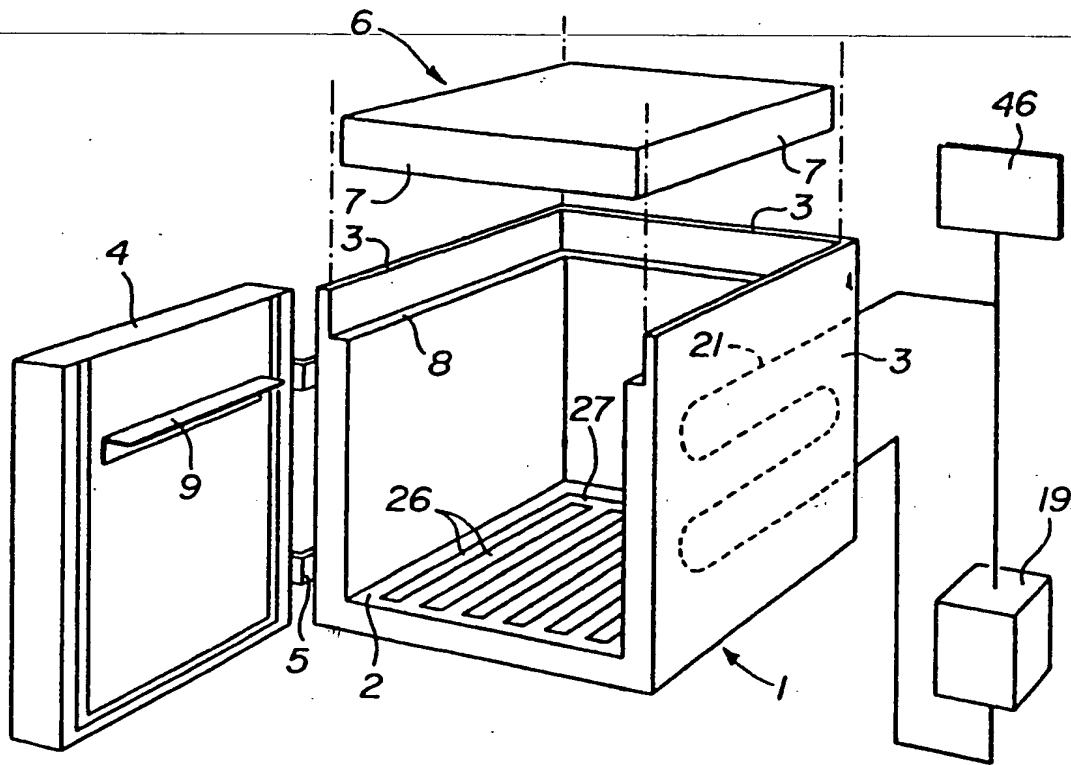


FIG. 2

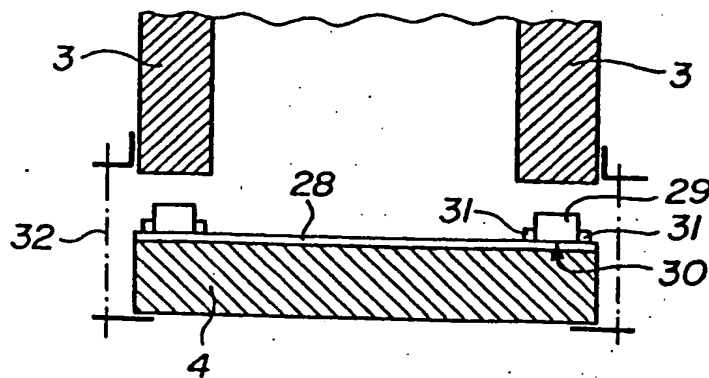


FIG. 3